

Studi Spektroskopi FTIR untuk Karakterisasi Kimia Fisik Fluida Mata Air Panas Di Desa Tempang Kabupaten Minahasa

*) **Geraldly Wawondatu, Donny R. Wenas, dan Farly R. Tumimomor**
Prodi Fisika FMIPA, Universitas Negeri Manado, Tondano, 95619, Indonesia
*e-mail: geraldywa@gmail.com

Diterima 3 Oktober 2022; Disetujui 17 Oktober 2022

ABSTRAK

Meningkatnya populasi penduduk di dunia mengakibatkan kebutuhan energi terus mengalami peningkatan maka dari itu pemerintah Indonesia mengembangkan sumber-sumber energi alternatif diluar bahan bakar fosil salah satunya adalah panas bumi. Panas bumi merupakan salah satu sumber energi alternatif yang tergolong baru dan terbarukan dan dapat diperbaharui karena limbah produksi dalam wujud air diinjeksikan kembali dan menghasilkan proses *recycle* yang memungkinkan adanya keberlanjutan. Survei geologi, survei geokimia, dan survei geofisika merupakan karakterisasi yang perlu dilakukan dalam penggambaran potensi panas bumi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tipe fluida dan gugus fungsi molekul mata air panas di Desa Tempang Kabupaten Minahasa. Dengan metode geokimia menggunakan Spektrofotometer dan spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), diketahui bahwa tipe fluida pada mata air panas di Desa Tempang bertipe Bikarbonat (HCO_3) dengan kandungan 69 mg/L dan gugus fungsi molekulnya adalah O-H dan C=O.

Kata kunci: Panas Bumi, Fluida, Gugus Fungsi, Geokimia.

ABSTRACT

The increasing population of the world's population results in the need for energy to continue to increase, therefore the Indonesian government develops energy outside of fossil fuels, one of which is geothermal. Geothermal is one of the alternative energy source that is relatively new and renewable and can be renewed because production waste in the form of water is re-injected and produces a recycle process that allows sustainability. Geological surveys, geochemical surveys, and geophysical surveys are characterizations that need to be carried out in describing geothermal potential. The purpose of this study was to determine the type of fluid and molecular functional groups of hot springs in Tempang Village, Minahasa Regency. With the geochemical method using a spectrophotometer and FTIR (Fourier Transform Infra Red) spectroscopy, it is known that the type of fluid in the hot springs in Tempang Village is Bicarbonate (HCO_3) type with a content of 69 mg/L and the molecular functional group is O-H and C=O.

Keywords: Geothermal, Fluids, Functional Groups, Geochemical.

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya populasi penduduk di dunia mengakibatkan kebutuhan energi terus mengalami peningkatan sehingga membuat dunia selalu berada dalam ancaman krisis energi. Ketidaksamaan cadangan energi dengan peningkatan kebutuhan energi, dalam hal ini energi fosil sebagai sumber energi utama justru semakin merosot dan lama-kelamaan akan habis. sampai saat ini untuk memenuhi kebutuhan energi di dunia telah banyak sumber energi yang dimanfaatkan, akan tetapi krisis energi masih tetap menjadi ancaman.

Untuk dapat memenuhi kebutuhan energi dimasa mendatang pemerintah Indonesia mengembangkan sumber-sumber energi alternatif diluar bahan bakar fosil dan salah satu energi alternatif yang telah dikembangkan di Indonesia adalah energi panas bumi (Setyaningsih 2011).

Panas bumi merupakan salah satu sumber energi alternatif yang tergolong *New and Renewable* (baru dan terbarukan) dikarenakan sumber energi geotermal masih relatif baru dan dikatakan dapat diperbaharui karena limbah produksi dalam wujud air diinjeksikan kembali dan menghasilkan proses *recycle* yang memungkinkan adanya keberlanjutan.

Oleh karena itu, untuk mengetahui berapa besar potensi panas bumi di suatu daerah perlu dilakukan evaluasi pada setiap tahap kegiatan, yaitu mulai dari tahap survei pendahuluan, eksplorasi, penilaian kelayakan hingga ke tahap eksploitasi dan saat pemanfaatannya (Hidayat dan Putra 2014). Survei geologi, survei geokimia, dan survei geofisika merupakan karakterisasi yang perlu dilakukan dalam penggambaran potensi Panas bumi di suatu daerah.

Metode geokimia merupakan metode eksplorasi pendahuluan panas bumi yang digunakan untuk mengetahui karakteristik kimia bawah permukaan berdasarkan data kimia dari mata air panas (Widiatmoko 2019). Pada penelitian mengenai tipe fluida dan gugus fungsi molekul fluida manifestasi panas bumi pada dasarnya merupakan sebuah penelitian terhadap suatu lapangan panas bumi untuk mengetahui prospek dari suatu lapangan panas bumi. Hasil analisis tipe fluida dan gugus fungsi molekul fluida pada permukaan daerah manifestasi berguna untuk memperkirakan sistem dan temperatur reservoir, karakterisasi fluida dan sistem hidrologi di bawah permukaan.

2. KAJIAN TEORI

Sistem Hidrotermal

Sistem hidrotermal adalah proses transfer panas dari sumber panas ke permukaan secara konveksi, yang melibatkan fluida meteorik dengan atau tanpa jejak dari fluida magmatik. Daerah rembesan berfasa cair dilengkapi air meteorik yang berasal dari daerah resapan. Sistem hidrotermal adalah sistem yang paling banyak dimanfaatkan karena pada sistem hidrotermal, pori-pori batuan mengandung air atau uap, atau keduanya, dan reservoir umumnya letaknya tidak terlalu dalam sehingga masih ekonomis untuk diusahakan.

Berdasarkan pada jenis fluida produksi dan jenis kandungan fluida utamanya, sistem hidrotermal dibedakan menjadi dua, yaitu :

a. Sistem satu fasa

Sistem umumnya berisi air yang mempunyai temperatur 90-180°C dan tidak terjadi pendidihan bahkan selama eksploitasi.

b. Sistem dua fasa

- Sistem dominasi uap (*Vapour dominated system*)

Sistem Panas bumi di mana sumur-sumurnya memproduksi uap kering atau uap basah karena rongga-rongga batuan reservoirnya sebagian besar berisi uap panas. Dalam sistem dominasi uap, diperkirakan uap mengisi rongga-rongga, saluran terbuka atau rekahan-rekahan, sedangkan air mengisi pori-pori batuan. Karena jumlah air yang terkandung di dalam pori-pori relatif sedikit, maka saturasi air mungkin sama atau hanya sedikit lebih besar dari

saturasi air konat sehingga air terperangkap dalam pori-pori batuan dan tidak bergerak.

- Sistem dominasi air (*Water dominated system*)

Sistem Panas bumi di mana sumur-sumurnya menghasilkan fluida dua fasa berupa campuran uap air. Dalam sistem dominasi air, diperkirakan air mengisi rongga-rongga, saluran terbuka atau rekahan-rekahan.

Dibandingkan dengan temperatur reservoir minyak, temperatur reservoir panas bumi relatif sangat tinggi, bisa mencapai 350°C. Menurut Hochstein (1990) yang dituangkan dalam jurnal Saptadji (2009), berdasarkan pada besarnya temperatur, sistem panas bumi dibagi menjadi tiga, yaitu:

- a. Sistem panas bumi bertemperatur rendah, yaitu suatu sistem yang reservoirnya mengandung fluida dengan temperatur lebih kecil dari 125°C.
- b. Sistem atau reservoir bertemperatur sedang, yaitu suatu sistem yang reservoirnya mengandung fluida bertemperatur antara 125°C dan 225°C.
- c. Sistem atau reservoir bertemperatur tinggi, yaitu suatu sistem yang reservoirnya mengandung fluida bertemperatur di atas 225°C.

Perpindahan Panas Pada Sistem Hidrotermal

Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah proses berpindahnya energi kalor atau panas (*heat*) karena adanya perbedaan temperatur. Dimana, energi kalor akan berpindah dari temperatur media yang lebih tinggi ke temperatur media yang lebih rendah. Proses perpindahan panas akan terus berlangsung sampai ada kesetimbangan temperatur yang terjadi pada kedua media tersebut. Proses terjadinya perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

Pada dasarnya, sistem panas bumi jenis hidrotermal terbentuk sebagai hasil perpindahan panas dari suatu sumber panas ke sekelilingnya yang terjadi secara konduksi dan secara konveksi. Perpindahan panas secara konduksi terjadi melalui batuan, sedangkan perpindahan panas secara konveksi terjadi karena adanya kontak antara air

dengan suatu sumber panas. Perpindahan panas secara konveksi pada dasarnya terjadi karena gaya apung (*bouyancy*). Karena gaya gravitasi, air selalu mempunyai kecenderungan untuk bergerak kebawah. Akan tetapi apabila air tersebut kontak dengan suatu sumber panas maka akan terjadi perpindahan panas sehingga temperatur air menjadi lebih tinggi dan air menjadi lebih ringan. Keadaan ini menyebabkan air yang lebih panas bergerak ke atas dan air yang lebih dingin bergerak turun ke bawah, sehingga terjadi sirkulasi air atau arus konveksi.

Manifestasi Panas Bumi

Selain komponen penyusun sistem Panas bumi, keberadaan suatu sistem Panas bumi ditandai oleh kehadiran manifestasi panas di permukaan. Sistem Panas bumi konvektif yang memiliki sirkulasi fluida dari daerah recharge masuk ke dalam reservoir kemudian keluar menuju permukaan melalui daerah *upflow* dan *outflow*, fluida akan beraksi dengan batuan sekitar dan kemudian keluar melalui rekahan-rekahan dalam batuan. Interaksi fluida dengan batuan sekitarnya menghasilkan mineral-mineral ubahan, sedangkan fluida yang keluar melalui rekahan akan menghasilkan air panas atau uap panas. Gejala-gejala seperti itu yang disebut sebagai manifestasi Panas bumi. Beberapa contoh manifestasi Panas bumi, antara lain: Tanah hangat, permukaan tanah beruap, mata air panas atau hangat, kolam air panas, telaga air panas, fumarol, geyser, kubangan lumpur panas, dan silika sinter.

Fluida Panas Bumi

Jenis- Jenis Fluida Hidrotermal antara lain sebagai berikut:

- a. Air Klorida (Cl):
 - Menunjukkan air reservoir
 - pH sekitar netral
 - Mengandung kation utama: Na, K dan Ca
 - Berasosiasi dengan gas CO₂ dan H₂S
 - Sangat jernih, warna biru pada mata air natural
 - Kaya SiO₂ dan dapat membentuk endapan permukaan sinter silika (SiO₂)
- b. Air Sulfat (SO₄)
 - Terbentuk di bagian paling dangkal sistem geotermal

- Akibat kondensasi uap air kedalam air permukaan (steam heated water): $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4$
- Bersifat asam dan ditunjukkan dengan kenampakan kolam lumpur dan pelarutan batuan sekitar
- Tidak dapat digunakan sebagai geotermometer
- Di lingkungan gunung api: airasam SO₄-Cl terbentuk akibat kondensasi unsur volatil magmatik menjadi fasa cair

c. Air Bikarbonat (HCO₃)

- Terbentuk pada daerah pinggir dan dangkal sistem geotermal
- Akibat adsorpsi gas CO₂ dan kondensasi uap air kedalam air tanah (steam heated water)
- Anion utama HCO₃ dan kation utama adalah Na
- Rendah Cl dan SO₄ bervariasi
- Tinggi Mg
- pH umumnya bersifat basa
- Dipermukaan dapat membentuk endapan sinter travertin (CaCO₃)

Dari hasil analisis kimia, kemudian menjadi parameter di dalam penentuan tipe mata air panas berdasarkan klasifikasi dari diagram Ternary. Berikut adalah tahapan dan formula yang digunakan dalam menghitung proporsi masing-masing ion untuk kemudian diplot pada diagram Ternary:

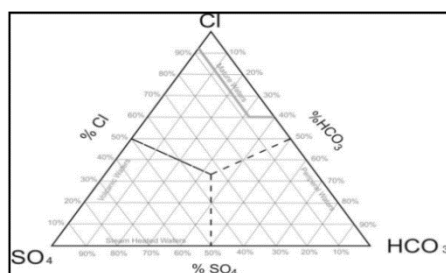
- a. Jumlahkan konsentrasi klorida (ppm), sulfat (ppm) dan bikarbonat (ppm).

$$\sum \text{Konsentrasi} = \text{Cl} + \text{SO}_4 + \text{HCO}_3$$
- b. Hitung proporsi relatif dari masing-masing komponen jumlah di atas dalampersen.

$$\% \text{Cl} = (\text{Cl} / \sum \text{Konsentrasi}) 100$$

$$\% \text{SO}_4 = (\text{SO}_4 / \sum \text{Konsentrasi}) 100$$

$$\% \text{HCO}_3 = (\text{HCO}_3 / \sum \text{Konsentrasi}) 100$$
- c. Posisi masing-masing mata air pada diagram ternary plot. Diagram ini membantu menentukan sampel dari mata air mana yang paling sesuai untuk perhitungan



Gambar 1 Diagram Ternary Plot

Gugus Fungsi

Gugus Fungsi adalah kedudukan kereaktifan kimia dalam molekul satu kelompok senyawa dengan gugus fungsi tertentu menunjukkan gejala reaksi yang sama. Sesuai kesamaan gejala reaksi tersebut, maka dapat dikelompokkan pada pengelompokan senyawa. Gugus fungsi juga merupakan gugus atom yang menjadi ciri khas suatu golongan senyawa karbon dan menentukan sifat kimianya. Apabila suatu senyawa karbon mempunyai rumus molekul sama dapat menghasilkan isomer fungsional. Senyawa-senyawa karbon yang saling berisomer fungsional yaitu ; alkohol dengan ester, aldehid dengan keton dan asam karboksilat dengan ester. Isomer posisi terjadi jika gugus fungsi yang diikat berpindah dari posisi semula.

sehingga perlu dilakukan studi literatur melalui buku dan referensi dari internet untuk mengetahui maupun memahami informasi yang berkaitan dengan penelitian tersebut. Selanjutnya dilakukan survei pendahuluan di lokasi penelitian yang meliputi pengamatan secara visual tentang kondisi daerah yang akan diteliti kemudian menentukan parameter-parameter apa saja yang nantinya akan diukur atau diteliti. Selanjutnya dilakukan pengukuran secara langsung di lapangan yang meliputi pengukuran pH, temperatur, koordinat dan pengambilan sampel fluida. Kemudian sampel mata air panas yang telah diambil akan dianalisis di laboratorium. Hasilnya kemudian diolah untuk mengetahui tipe fluida dan gugus fungsi molekul dari fluida mata air panas menggunakan spektroskopi FTIR (Wenas *et al*, 2018).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh di lapangan berdasarkan pengukuran dilokasi penelitian pada tanggal 16 Juli 2021 pukul 09.00 Wita yaitu pH, temperatur untuk karakteristik fisik fluida mata air panas serta elevasi dan koordinat untuk mengetahui kedudukan mata air panas seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran di lapangan

Lokasi	Elevasi (mdpl)	Koordinat (UTM)		T(°C)		pH
		X	Y	Udara	Manifestasi	
Desa Tempang	740	703717.1	129734.6	24	81	8

Sedangkan isomer rangka atau rantai terjadi jika gugus alkil yang diikat pada rantai induk berpindah dari posisi semula.

3. METODE PENELITIAN

Lokasi yang dijadikan sebagai lokasi penelitian terletak di Desa Tempang Kabupaten Minahasa. Semetara itu, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- GPS
- Termometer
- pH Meter
- Botol Sampel
- Masker dan Sarung Tangan
- Gayung
- Spektroskopi FTIR
- Spektrofotometer

Pada rancangan penelitian ini, pertama-tama dilihat adanya fenomena untuk diteliti

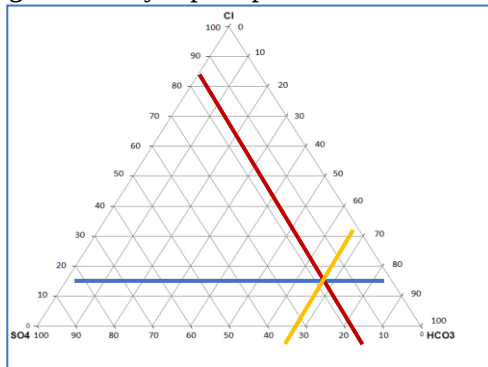
Telah dilakukan pengambilan sampel mata air panas untuk dianalisis di Laboratorium menggunakan Spektrofotometer selama 14 hari sehingga diperoleh data hasil pengujian laboratorium seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian laboratorium menggunakan spektrofotometer dan persentase kandungan Cl, SO₄, HCO₃

Lokasi	Kandungan Kimia Fluida			$\sum$ Konsentrasi
	Cl	SO ₄	HCO ₃	
Desa Tempang				
Komposisi (mg/L)	23	17	69	109
Persentase (%)	21	16	63	100

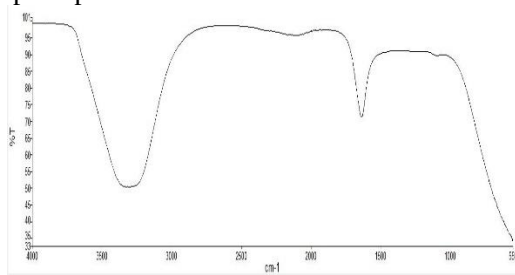
Berdasarkan hasil laboratorium menggunakan spektrofotometer yang

ditunjukkan pada Tabel 2, komposisi kimia fluida dari sampel mata air panas Desa Tempang memiliki nilai kandungan tertinggi Bikarbonat (HCO_3) yang berjumlah 69 mg/L, kemudian kandungan Klorida (Cl) yang berjumlah 21 mg/L, dan kandungan terendah yaitu Sulfat (SO_4) yang berjumlah 17 mg/L. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk persentasi masing-masing kandungan ion dan hasilnya seperti pada Tabel. Berdasarkan hasil presentasi kandungan masing-masing ion yang diperoleh pada Tabel 2 kemudian diplot dalam diagram ternary seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Ternary Plot Manifestasi Panas Bumi Desa Tempang

Sampel fluida mata air panas selanjutnya dianalisis menggunakan spektroskopi FTIR. Dari hasil analisis sampel fluida mata air panasnya didapatkan spektrum inframerah seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Spektrum inframerah spektroskopi FTIR

Hasil spektrum inframerah di plot dalam Tabel 3 untuk mengetahui gugus fungsi dan senyawa fluida mata air panas.

Tabel 3. Hasil pengujian laboratorium menggunakan FTIR

No	Spektrum Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Senyawa
1	3380	O-H	Asam Karbosilat

2	1693	C=O	Aldehida, Keton, Asam Karbosilat, Ester
---	------	-----	---

Berdasarkan hasil spektrum bilangan gelombang pada sampel fluida mata air panas dapat langsung dilihat pada bilangan gelombang 3380 cm^{-1} memiliki gugus fungsi O-H, kemudian pada bilangan gelombang 1693 cm^{-1} memiliki gugus fungsi C=O. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran menggunakan spektrofotometer, diperoleh tipe fluida Bikarbonat (HCO_3).

5. KESIMPULAN

Kesimpulan dalam penelitian ini yaitu tipe fluida mata air panas di Desa Tempang Kabupaten Minahasa memiliki tipe Bikarbonat (HCO_3) dengan jumlah kandungan 69 mg/L. Hal ini sesuai dengan pengukuran menggunakan spektroskopi FTIR diperoleh gugus fungsi molekul mata air panas di Desa Tempang Kabupaten Minahasa memiliki gugus fungsi O-H dan C=O.

6. REFERENSI

- Hidayat, R., & Putra, A. (2014). Penentuan tipe fluida sumber mata air panas di Gunung Talang, Kabupaten Solok. *Vol.06, No.02*.
- Saptadji, N. M. (2009). Karakteristik Reservoir Panas Bumi. *Training "Advance Geothermal Reservoir Engineering"*.
- Setianingsih, W. (2011). Potensi lapangan Panas bumi Gedongsongo sebagai sumber energi alternatif dan penunjang daerah. *Vol.08, No.01*.
- Wenas, D.R., Bujung, C.A.N. (2018). Analysis of Mineral Composotin of Alteration Rock in Warm Ground and Steaming Ground in Lahendong North Sulawesi Using SEM-EDX and FTIR. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.28,) 364-367.
- Widiatmoko, F. R. (2019). Pendekatan Analisa Geokimia dengan Multivariate Analysis untuk Mengetahui Tipe Mata Air Panas: Studi Kasus Lapangan Panas Bumi Mapos, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal IPTEK - Volume 23 Nomor 2*.